

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЕНИЯ НА ФЕРМАХ С ПРИВЯЗНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ КОРОВ

Евгений Александрович Андрианов, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры безопасности жизнедеятельности

Александр Максимович Андрианов, кандидат технических наук,
доцент кафедры механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции

Алексей Александрович Андрианов, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры безопасности жизнедеятельности

Татьяна Николаевна Тертычная, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры технологии переработки растениеводческой продукции

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Цель исследования – регулирование уровня воды, требуемой для поения коров через индивидуально-групповую поилку. Объект исследования – регулятор уровня воды. Аналитически обосновано время отключения потока воды, которое зависит от продолжительности одного цикла регулирования, регулирующего объема воды, среднего значения потока расхода воды за один цикл. Для регулирования уровня воды, а также снижения ее непроизводительного расхода и улучшения микроклимата помещений предложена конструкция регулятора уровня воды без использования различного типа уплотнений. Методы исследования – при проведении натурального эксперимента для определения параметров регулятора, необходимых для обеспечения требуемого расхода воды через индивидуально-групповую поилку, в условиях лаборатории ВГАУ использовали лабораторную установку, содержащую воздушно-водяной котел, в нижней части которого находится регулирующий объем воды, а в верхней – сжатый воздух, который, оказывая давление на воду, обеспечивает необходимый напор в магистральном трубопроводе, соединенном с регулятором групповой автопоилки. Необходимое давление в клапанном механизме регулятора уровня определяли согласно показаниям водомерного стекла воздушно-водяного котла. Интервал изменения давлений по манометру с учетом показаний водомерного стекла принимали с учетом свободного напора в водопроводной сети коровника – 20...160 кПа. Для каждого показания давления определяли расход воды через клапан регулятора. Выявлена зависимость расхода воды через два боковых отверстия штока-клапана и усилия открытия клапана регулятора от давления воды в сети. Из анализа опытных данных установлено, что при нормальном свободном напоре в водопроводной сети расход жидкости через регулятор с двумя боковыми отверстиями $d = 0,004$ м в штоке клапана составит 12...14 л/мин, что с достаточным запасом обеспечит коров водой через поильные чаши, при этом усилие для открытия клапана регулятора составит 20...24 Н.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: регулятор уровня воды, автопоилка, поение, расход, усилие.

The objective of research was to control the level of water required for watering the cows through individual and group drinkers. The object of study was water level controller. The authors have analytically substantiated the time of water flow cut-out, which is dependent on the duration of one cycle of regulation, regulating volume of water, and average water flow rate per one cycle. In order to control the water level, as well as reduce its wastage and improve the indoor climate, the authors have proposed the design of water level controller without using various types of sealing. During the full-scale experiment to determine the parameters of the controller required to ensure the necessary flow rate of water through individual and group drinker the authors worked in the laboratory of VSAU and used a laboratory installation comprising an air-water boiler with the regulating volume of water in its lower part and compressed air at the top, which exerted pressure on water providing the necessary water power in the main pipeline connected to the controller of the group automatic drinker. The necessary pressure in the valve mechanism of level controller was determined according to the readings of the air-water boiler gauge glass. The range of changes in pressure by pressure gauge based on gauge glass readings was defined with the account of free hydraulic head in the water supply system of the barn (20-160 kPa). For each pressure reading the authors determined the water flow rate through the controller valve. The authors have identified the dependence of water flow through two side openings of the valve stem and the force of opening the controller valve from water pressure in the system. Basing on the analysis of experimental data it was revealed that under normal free pressure in the water supply system the water flow rate through the controller with two lateral openings in the valve stem ($d = 0.004$ m) will be 12-14 L/min, which would supply the cows with enough water through the drinking bowls, and the effort to open the controller valve would be 20-24 N.

KEY WORDS: water level controller, automatic drinker, watering, flow rate, force.

Введение. В настоящее время основные расходы воды на фермах определяются не только необходимостью напоить животных, но и другими технологическими нуждами. Причем последние составляют более двух третей суточного водопотребления, поэтому особая роль отводится автоматизации процесса поения животных.

Основой при этом должны служить такие методы, которые обеспечивают наиболее высокий экономический эффект. Поэтому в задаче автоматического управления процессом поения экономический эффект является диктующим при поиске оптимального решения. Особая роль при этом отводится устройствам, обеспечивающим автоматизацию работы системы без присутствия человека [2].

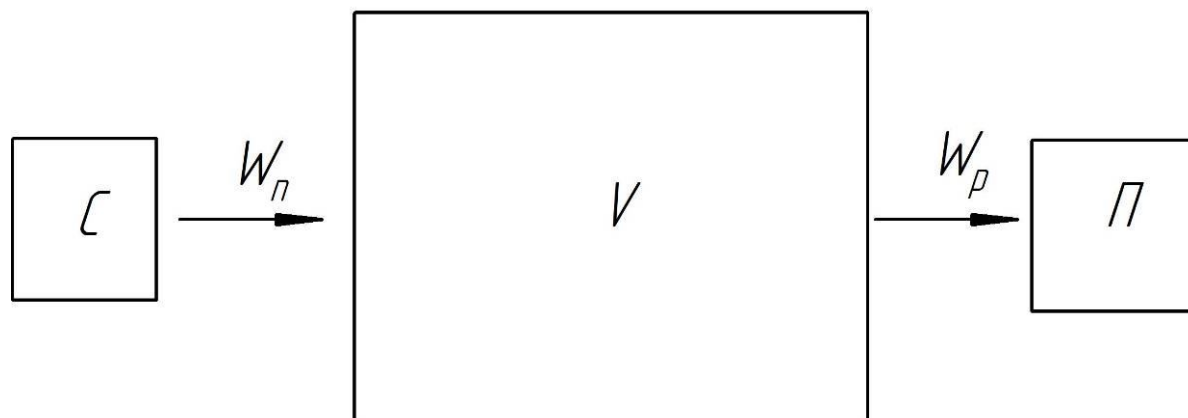


Рис. 1. Схема поения животных в коровнике: С – водопроводная сеть; V – регулирующая емкость; П – поильные чаши; W_n – объем подачи воды, м³; W_p – объем расхода воды, м³

Цель исследования – регулирование потока подачи воды в поильные чаши коровников.

Объем подачи воды W_n отсчитывается от некоторого начального момента t_0 и определяется по формуле

$$Q_n = W_n(t - t_0), \quad (1)$$

где Q_n – полный поток подачи воды, м³/с;
 t – текущий момент времени.

Аналогично объем расхода воды W_p отсчитывается от некоторого начального момента t_0 и равняется

$$Q_p = W_p(t - t_0), \quad (2)$$

где Q_p – полный поток расхода воды, м³/с.

Изменения полных потоков подачи и расхода воды выразятся в следующем виде [3]:

$$\Pi_n(t - t_0) = \frac{dW_n(t - t_0)}{dt}, \quad (3)$$

$$\Pi_p(t - t_0) = \frac{dW_p(t - t_0)}{dt}, \quad (4)$$

где Π_n и Π_p – текущие потоки подачи и расхода воды.

В емкости V нет воды при $t < t_0$. При ее заполнении создается регулирующий объем воды, определяемый по формуле

$$V(t - t_0) = Q_n - Q_p = \int_{t_0}^t (\Pi_n - \Pi_p) dt, \quad (5)$$

где $V(t - t_0)$ – регулирующий объем воды, м³.

Процесс поения животных можно охарактеризовать как производственный цикл T . Это – промежуток времени, по истечении которого вновь происходят те же изменения следующих характеристик: Π_n , Π_p , и V , то есть

$$Q_n(t + T) = Q_n(t), \quad (6)$$

$$Q_p(t + T) = Q_p(t), \quad (7)$$

$$V(t - t_0) = V(t), \quad (8)$$

Промежуток времени t_p , на протяжении которого разность $(\Pi_n - \Pi_p)$ достигает максимального значения, называют временным разрывом.

Для работы поточной установки необходимо соблюдение условия, когда $\Pi_n = \Pi_p$ в каждом очередном производственном цикле.

В практических условиях такой баланс можно обеспечить на протяжении нескольких первых циклов. При этом необходимо предусмотреть некоторый избыток подачи над расходом, т.е. обеспечить $\Pi_n - \Pi_p = a$, где a – разность между текущими потоками за цикл.

В системе будет постоянно накапливаться избыток подачи над расходом. Чтобы с течением времени не происходило непрерывного накопления разности

$$\Pi_n - \Pi_p = ka, \quad (9)$$

где k – количество циклов, необходимо предусмотреть регулирование потока подачи путем его отключения в тот момент времени, когда регулирующая емкость заполнится водой.

Обозначив продолжительность одного непрерывного включенного состояния как $t_{вкл}$ (с), а продолжительность отключенного состояния потока – $t_{откл}$ (с), определим продолжительность одного цикла регулирования по следующей формуле:

$$T_{рег} = t_{вкл} + t_{откл}, \quad (10)$$

т.е. при малой величине a $T_{рег} > T_{ц}$.

Пусть среднее значение потока подачи за один цикл T равно Q_t . Тогда среднее значение потока подачи за промежуток времени t составит

$$q_{1cp} = \frac{Q_1}{T} t. \quad (11)$$

Соответственно среднее значение потока расхода

$$q_{2cp} = \frac{Q_2}{T} t. \quad (12)$$

Разность между потоками за цикл постоянна (то есть $Q_1 - Q_2 = a$) и определится по следующей формуле:

$$q_{1cp} - q_{2cp} = \frac{t}{T} (Q_1 - Q_2). \quad (13)$$

Тогда

$$q_{1cp} - q_{2cp} = \frac{t}{T} a. \quad (14)$$

Если регулирующий объем равен $V_{рег}$ (м^3), то регулятор отключит поток после достижения $V_{рег}$

$$V_{рег} = \frac{t_{вкл}}{T} a. \quad (15)$$

Полная продолжительность цикла регулирования составит

$$T_{рег} = t_{откл} + t_{вкл} = V_{рег} T \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{Q_2} \right). \quad (16)$$

В формуле (16) время включения $t_{вкл}$ и время отключения $t_{откл}$ определяются соответственно по следующим формулам:

$$t_{вкл} = \frac{V_{рег} T}{a}; \quad t_{откл} = \frac{V_{рег} T}{Q_2}.$$

Для регулирования уровня воды, а также снижения ее непроизводительного расхода и улучшения микроклимата помещений предложен регулятор уровня, изображенный на рис. 2. Он монтируется на водоподводящем патрубке и состоит из устройства для подачи воды 3, вилки 2, поплавок 1.

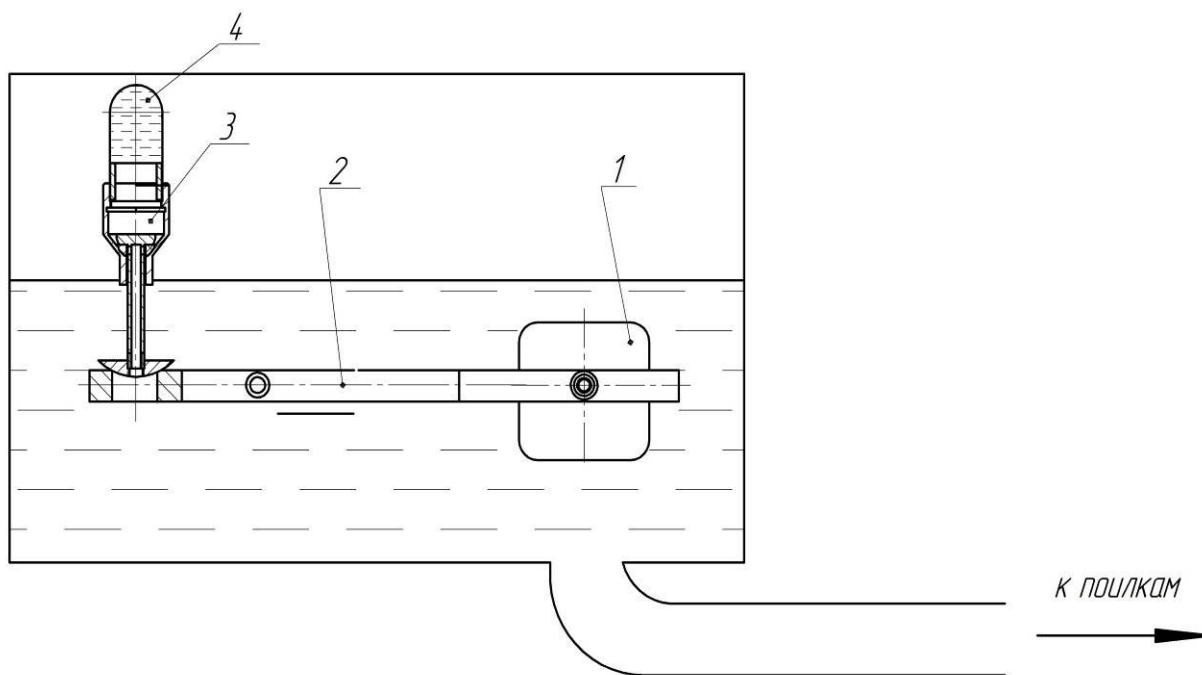


Рис. 2. Схема регулирования уровня воды в поилках [4, 5]:
1 – поплавок; 2 – рычаг; 3 – регулятор; 4 – ввод

При проведении натурного эксперимента для определения параметров регулятора, необходимых для обеспечения требуемого расхода воды через индивидуально-групповую поилку в условиях лаборатории ВГАУ, использовали лабораторную установку, содержащую воздушно-водяной котел, в нижней части которого находится регулирующий объем воды, а в верхней – сжатый воздух, который, оказывая давление на воду, обеспечивает необходимый напор в магистральном трубопроводе, соединенном с регулятором (рис. 3) групповой автопоилки [3].

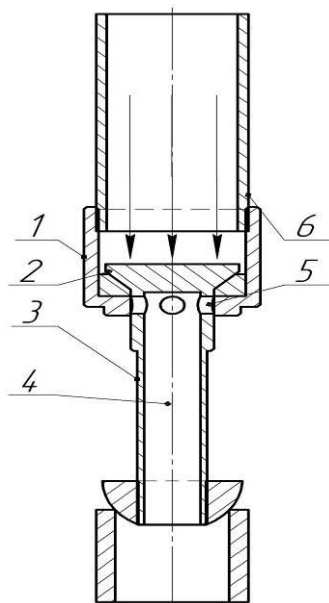


Рис. 3. Устройство для подачи воды:
 1 – корпус; 2 – клапан; 3 – шток; 4 – осевое отверстие;
 5 – радиальное отверстие; 6 – водоподводящий патрубок

Устройство для подачи воды состоит из корпуса 1, клапана 2, штока 3, водоподводящего патрубка 6.

Необходимое давление в клапанном механизме регулятора уровня определяли согласно зависимости

$$P = P_k + \gamma h, \quad (17)$$

где P_k – давление воды на клапан регулятора, Н/м²;

γ – удельный вес воды, Н/м³;

h – показания водомерного стекла воздушно-водяного котла, м.

Интервал изменения давлений по манометру с учетом показаний водомерного стекла принимали с учетом свободного напора в водопроводной сети коровника 0,2... 1,6 кгс/см².

Для каждого показания давления определяли расход воды через клапан регулятора. Для этого использовали мерный сосуд (корпус регулятора) и секундомер СМ-10.

Расход воды определяли по формуле

$$Q = \frac{W}{t}, \quad (18)$$

где W – объем воды в корпусе регулятора за время опыта, м³;

t – время наполнения корпуса водой, с.

Объем воды в корпусе определяли по формуле

$$W = \omega \cdot H, \quad (19)$$

где ω – площадь зеркала воды в корпусе, м²;

H – высота столба воды от дна корпуса до зеркала воды, м.

Усилие на клапане регулятора (H), создаваемое давлением в сети, определяли по формуле

$$P_p = 9,8 \cdot P \cdot \omega, \quad (20)$$

где P – давление в сети, определяемое согласно общепринятой методике, кгс/см²;

ω – площадь сечения гнезда клапана клапанного механизма, см².

Результаты опытов приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Расход воды и усилие для открытия клапана за время опыта через два боковых отверстия диаметром 0,003 и 0,004 м

№ пп.	Давление на клапан, кПа	Число отверстий	Время опыта, мин		Объем воды за время опыта, л		Расход воды, л/мин		Усилие на клапан, Н	
			d = 0,003 м	d = 0,004 м	d = 0,003 м	d = 0,004 м	d = 0,003 м	d = 0,004 м	d = 0,003 м	d = 0,004 м
1	60	2	30	20	2,5	3,00	5,0	9,0	11,7	11,7
2	80	2	30	20	2,9	3,5	5,8	10,5	15,6	15,6
3	100	2	30	20	3,3	4,3	6,6	12,9	14,8	19,8
4	120	2	30	20	3,7	4,7	7,4	14,1	23,9	23,9
5	160	2	30	20	4,1	5,1	8,2	15,3	32,0	32,1

Таблица 2. Расход воды и усилие для открытия клапана за время опыта через одно боковое отверстие диаметром 0,003 и 0,004 м

№ пп.	Давление на клапан, кПа	Число отверстий	Время опыта, мин		Объем воды за время опыта, л		Расход воды, л/мин		Усилие на клапан, Н	
			d = 0,003 м	d = 0,004 м	d = 0,003 м	d = 0,004 м	d = 0,003 м	d = 0,004 м	d = 0,003 м	d = 0,004 м
1	60	1	30	20	1,4	1,63	2,8	4,9	11,7	11,6
2	80	1	30	20	1,6	1,91	3,2	5,72	15,6	15,9
3	100	1	30	20	1,8	2,06	3,6	6,18	19,8	20,1
4	120	1	30	20	2	2,31	4,0	6,93	23,9	24,0
5	160	1	30	20	2,3	2,67	4,6	8,01	32,1	31,6

Из анализа данных, приведенных в таблицах 1 и 2, следует, что при нормальном свободном напоре в водопроводной сети расход жидкости через регулятор с двумя боковыми отверстиями $d = 0,004$ м в штоке клапана составит 12...14 л/мин, что с достаточным запасом обеспечит коров водой через поильные чаши, при этом усилие для открытия клапана регулятора составит 20...24 Н [6, 7, 8].

Зависимости расхода воды через два боковых отверстия штока-клапана и усилия для открытия клапана регулятора от давления воды в сети представлены на рисунках 4 и 5.

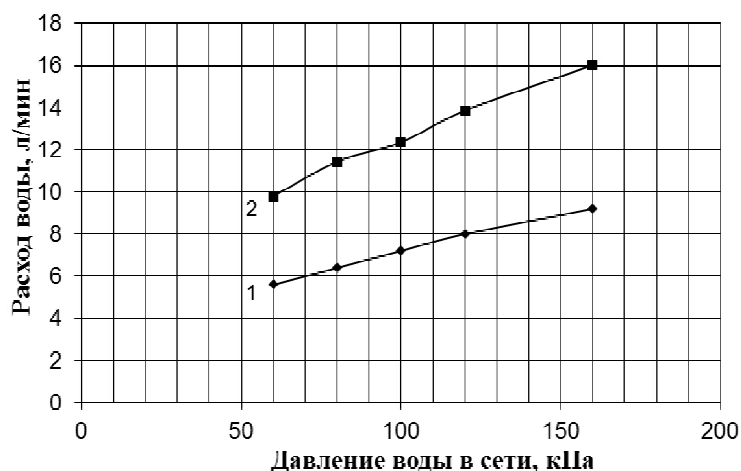


Рис. 4. Зависимость расхода воды через два боковых отверстия штока-клапана от давления воды в сети: 1 – для отверстия $d = 0,003$ м; 2 – для отверстия $d = 0,004$ м

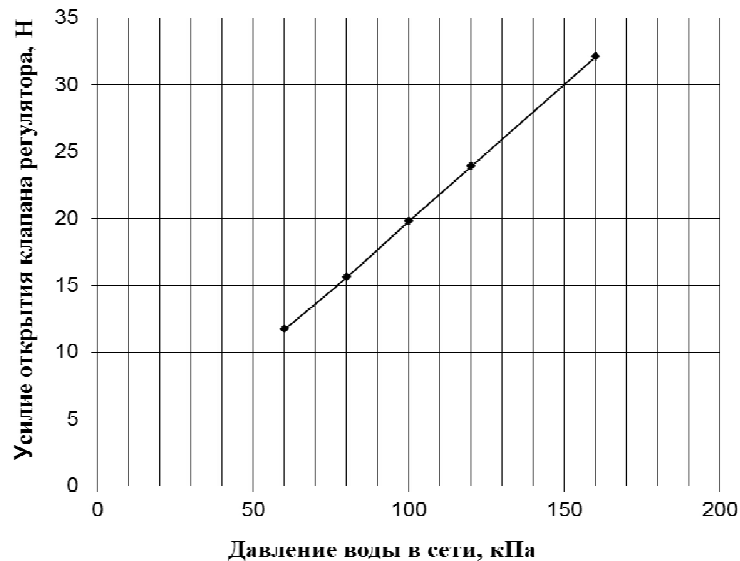


Рис. 5. Зависимость усилия открытия клапана регулятора от давления воды в сети

Выводы

В результате проведенных лабораторных исследований установлены конструктивно-режимные параметры регулятора:

- диаметр бокового отверстия в штоке клапана – $d = 0,004$ м;
- количество отверстий – 2 шт.;
- расход жидкости – 12...14 л/мин;
- усилие открытия клапана регулятора – 20...24 Н.

Производственной проверкой установлено, что за счет бесперебойного и своевременного обеспечения водой в нужном количестве, обусловленном временем года, микроклиматом и физиологическими особенностями животных, повышается молочная продуктивность коров.

Список литературы

1. Алёшкин В.Р. Механизация животноводства / В.Р. Алёшкин, П.М. Рощин. – Москва : Колос, 1993. – 319 с.
2. Андрианов Е.А. Молочная продуктивность коров в связи с совершенствованием технологий и технических средств, используемых в молочном скотоводстве : дис. ... д-ра с.-х. наук : 05.20.01 / Е.А. Андрианов. – Белгород, 2007. – 40 с.
3. Андрианов А.М. Молочная продуктивность коров в связи с совершенствованием технологий и технических средств, используемых в молочном скотоводстве : монография / А.М. Андрианов, Е.А. Андрианов, А.А. Андрианов. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2013. – 174 с.
4. А.с. 671790 СССР, МКИ⁵ А01К 7/00. Автопоилка для животных / А.М. Андрианов; заявитель Воронежский сельскохозяйственный институт им. К.Д. Глинки. – № 2554526; заявл. 13.12.1977; опубл. 05.07.1979, Бюл. № 1. – 4 с.
5. А.с. 851807 СССР, МКИ⁵ А01К 7/02. Автопоилка / В.А. Фарафонов, А.М. Андрианов, В.П. Алтухов, В.Ф. Лазарев; заявитель Воронежский сельскохозяйственный институт им. К.Д. Глинки. – № 2870933; заявл. 14.01.1980; опубл. 07.12.1984, Бюл. № 12. – 4 с.
6. Белянчиков Н.Н. Механизация животноводства и кормоприготовления / Н.Н. Белянчиков, А.И. Смирнов. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 432 с.
7. Кормановский Л.П. Обеспечение молочного животноводства новыми технологиями / Л.П. Кормановский // Зоотехния. – 2001. – № 3. – С. 20-22.
8. Славин Р.М. Научные основы автоматизации производства в животноводстве и птицеводстве / Р.М. Славин. – Москва : Колос, 1974. – 463 с.